

انقلاب صنعتی چهارم و دو قلوی دیجیتال

مترجم: سیدصابر سیدعلی

مدیرعامل شرکت سامیکس



Industry 4.0 and the digital twin

Manufacturing meets its match

فهرست

۳	مقدمه
۴	دوقلوی دیجیتال چیست و چرا اهمیت دارد
۹	ایجاد یک دوقلوی دیجیتال
۱۴	ایجاد ارزش برای کسب و کار
۱۷	چه طور باید شروع کرد

مقدمه

هیچ راه برگشتی وجود ندارد. فرآیندهای تولید به طور فزاینده‌ای در حال دیجیتالی شدن هستند. همزمان با پیشرفت و ظهور این روند، بسیاری از شرکت‌ها اغلب برای تعیین اینکه چه کاری باید انجام دهند تا ارزش واقعی از نظر عملیاتی و استراتژیک محقق شود در تلاش و کشمکش هستند.

ردپای دیجیتالی کاملی از محصولات خود داشته باشند. این به نوبه خود، ممکن است آنها را قادر سازد نه تنها محصول را همانطور که طراحی شده است، بلکه سیستم سازنده محصول و نحوه استفاده از محصول را نیز درک کنند. با ایجاد دو قلوبی دیجیتال، شرکت‌ها ممکن است ارزش قابل توجهی را در زمینه‌های سرعت ارائه به بازار با یک محصول جدید، عملیات بهبودیافته، کاهش نقص‌ها و مدل‌های کسب‌وکار جدید در حال ظهور برای افزایش درآمد کسب کنند. دو قلوبی دیجیتال ممکن است به شرکت‌ها این امکان را بدهد که با شناسایی زودتر مسائل واقعی کسب و کار، سریع‌تر آن‌ها را حل کنند، نتایج را با دقت بسیار بالاتری پیش‌بینی کنند، محصولات بهتری طراحی و بسازند، و در نهایت به مشتریان خود خدمات بهتری ارائه دهند. با این نوع طراحی معماری هوشمند، شرکت‌ها می‌توانند ارزش و منافع را به طور دائمی و سریع‌تر از همیشه درک و کسب کنند.

اگر شرکتی بخواهد ایجاد یک دو قلوبی دیجیتال را به یک باره و بصورت کامل امتحان کند، می‌تواند کاری دلهره آور باشد. نکته کلیدی می‌تواند این باشد که از یک حوزه شروع کنید، در آنجا ارزش خلق کنید و به توسعه ادامه دهید. اما قبل از هر چیز دیگری، شرکت‌ها باید ابتدا استراتژی و رویکرد توسعه دو قلوبی دیجیتال را

قطع‌ا، راه حل‌های دیجیتال ممکن است ارزش قابل توجهی را برای یک سازمان نوید دهند که هرگز قبل از ظهور فناوری‌های متصل و هوشمند محقق نمی‌شد. یکی از اصطلاحات جذاب که اخیراً مرسوم شده است، مفهوم دو قلوبی دیجیتال است: این به این معنی است که یک تصویر دیجیتالی تقریباً واقعی از یک شی یا فرآیند فیزیکی که به بهینه‌سازی عملکرد تجاری کمک می‌کند، بتوان ارائه داد.

تا چندی پیش، دو قلوبی دیجیتال و حجم عظیمی از داده‌هایی که پردازش می‌کند، اغلب به دلیل محدودیت در قابلیت‌های فناوری دیجیتال و همچنین هزینه‌های محاسباتی، ذخیره‌سازی و پهنای باند غیرقابل دسترس، برای شرکت‌ها، باقی می‌ماند. با این حال، چنین موانعی در سال‌های اخیر به طور چشمگیری کاهش یافته است. کاهش قابل توجه هزینه‌ها و بهبود قدرت و قابلیت‌های جدید، منجر به تغییرات تصاعدی و قابل توجهی شده است که می‌تواند مدیران را قادر سازد فناوری اطلاعات و فناوری عملیات را برای ایجاد و استفاده از یک دو قلوبی دیجیتال ترکیب کنند.

اما چرا دو قلوبی دیجیتال اینقدر مهم است و چرا سازمان‌ها باید آن را در نظر بگیرند؟ دو قلوبی دیجیتال می‌تواند به شرکت‌ها اجازه دهد تا از طراحی و توسعه تا پایان چرخه عمر محصول،

دنیای واقعی، و اینکه چگونه یک شرکت می‌تواند برای فرآیند برنامه‌ریزی دوقولوی دیجیتال آماده شود، بحث می‌کنیم.

کسب کنند تا از سردرگمی جلوگیری شود. در ادامه، تعریف دوقولوی دیجیتال، نحوه ایجاد آن، چگونگی ایجاد ارزش، کاربردهای معمول آن در

دوقولوی دیجیتال چیست و چرا اهمیت دارد

در دنیای فیزیکی مانند تغییر در طراحی محصول یا فرآیند تولید شود.

یک دوقولوی دیجیتال با اصطلاح سنتی به کمک رایانه (CAD) متفاوت است، و صرفاً به عنوان یک راه حل دیگر با قابلیت حسگر اینترنت اشیا (IoT) عمل نمی‌کند. بلکه دوقولوی دیجیتال می‌تواند خیلی بیشتر و بهتر از هر دو اینها باشد. CAD به طور کامل در یک محیط شبیه سازی شده با کامپیوتر محصور شده است که موفقیت متوسطی را در مدل سازی محیط‌های پیچیده نشان داده است. و سیستم‌های ساده‌تر اینترنت اشیا مواردی مانند موقعیت و تشخیص را برای یک جزء کامل اندازه‌گیری می‌کنند، اما تعامل بین اجزا و فرآیندهای چرخه زندگی کامل را اندازه‌گیری نمی‌کنند. در واقع، قدرت واقعی یک دوقولوی دیجیتال و چرایی اهمیت آن این است که می‌تواند یک پیوند جامع تقریباً واقعی بین دنیای فیزیکی و دیجیتالی ایجاد کند. احتمالاً به دلیل این تعامل بین دنیای واقعی و دیجیتالی محصول یا فرآیند است که دوقولوهای دیجیتال ممکن است مدل‌های غنی‌تری را نوید دهند که اندازه‌گیری‌های واقعی‌تر و جامع‌تر غیرقابل‌پیش‌بینی را به دست می‌دهند و به لطف قابلیت‌های محاسباتی ارزان‌تر و

صنعت و دانشگاه یک دو قولوی دیجیتال را به روش‌های مختلف تعریف می‌کنند. با این حال، شاید هیچ یک از گروه‌ها بر جنبه‌های فرآیندی یک دو قولوی دیجیتال تأکید لازم را ندارند. به عنوان مثال، به گفته برخی، یک دو قولوی دیجیتال، یک مدل یکپارچه از یک محصول ساخته شده است که این طور در نظر گرفته شده تا تمام عیوب تولید را منعکس کند و به طور مداوم به روز شود تا فرسودگی در هنگام استفاده کاهش یابد. در سایر تعاریف گسترده، دو قولوی دیجیتال را به عنوان یک مدل دیجیتالی دارای حسگر از یک جسم فیزیکی توصیف می‌کنند که شی را در یک محیط زنده شبیه‌سازی می‌کند. یک دو قولوی دیجیتال را می‌توان اساساً به عنوان یک پروفایل یا پرونده‌ی دیجیتال^۱ در حال تکامل از رفتارهای گذشته و فعلی یک شی یا فرآیند فیزیکی که به بهینه سازی عملکرد کسب‌وکار کمک می‌کند، تعریف کرد. دو قولوی دیجیتال مبتنی بر اندازه‌گیری داده‌های انبوه، تجمعی، در زمان واقعی و برخط از دنیای واقعی در مجموعه‌ای از ابعاد است. این اندازه‌گیری‌ها می‌توانند پرونده‌ای در حال تکامل از شی یا فرآیند در دنیای دیجیتال ایجاد کنند که ممکن است بینش‌های مهمی در مورد عملکرد سیستم ارائه دهد، که منجر به اقداماتی

^۱ Digital Profile

یک دوکلوبی دیجیتال را می توان اساساً به عنوان یک پرونده‌ی دیجیتال در حال تکامل از رفتار گذشته و فعلی یک شی یا فرآیند فیزیکی که به بهینه سازی عملکرد کسب‌وکاری کمک می کند، تعریف کرد.

قدرتمندتر، این اندازه‌گیری‌های تعاملی را می‌توان با معماری‌های پردازش عظیم امروزی و الگوریتم‌های پیشرفته برای بازخورد پیش‌بینی‌کننده و تحلیل غیربرخط را در زمان واقعی تجزیه و تحلیل کرد. همه اینها می‌توانند تغییرات اساسی را در طراحی و فرآیند ایجاد کنند که تقریباً مطمئناً از طریق روش‌های فعلی غیرقابل دستیابی می‌باشند.

نمونه‌ای از فرآیند تولید

مستقر فراوان هستند. علاوه بر آن به نظر می‌رسد دوکلوبی دیجیتالی فرآیند تولید برنامه کاربردهای قدرتمند و قانع کننده ای ارائه می‌دهد. شکل ۱ مدلی از یک فرآیند تولید در دنیای فیزیکی و مشابه آن را در دنیای دیجیتال نشان می‌دهد. این دوکلوبی دیجیتال به عنوان یک کپی مجازی از آنچه که در واقعیت در کارخانه در زمان واقعی اتفاق می‌افتد عمل می‌کند. هزاران حسگر توزیع شده در سراسر فرآیند تولید فیزیکی به طور تجمعی، داده‌ها را در طیف گسترده‌ای از ابعاد جمع‌آوری می‌کنند: از ویژگی‌های رفتاری ماشین آلات تولیدی و کارهای در حال پیشرفت گرفته (ضخامت، کیفیت رنگ، سختی، گشتاور، سرعت و غیره) تا شرایط محیطی. این داده‌ها به‌طور پیوسته به نرم افزار دیجیتالی دوکلوبی ارسال و سپس جمع‌آوری می‌شوند.

برنامه (نرم افزار) دوکلوبی دیجیتال دوکلوبی به طور مداوم جریان‌های داده‌های دریافتی را

دوکلوبهای دیجیتال برای مدل‌سازی فرآیندهای پیچیده‌ای طراحی شده‌اند که به طرق مختلف با محیط‌هایشان تعامل دارند و پیش‌بینی نتایج آن در کل چرخه عمر محصول دشوار است. در واقع، دوکلوبهای دیجیتالی ممکن است در زمینه‌های مختلف برای خدمت به اهداف مختلف ایجاد شوند. به عنوان مثال، دوکلوبهای دیجیتالی گاهی اوقات برای شبیه‌سازی سیستم‌های مستقر پیچیده خاص مانند موتورهای جت و کامیون‌های بزرگ معدن، به منظور نظارت و ارزیابی فرسودگی و انواع خاصی از میزان فشار قطعات در فعالیت‌های عملیاتی استفاده می‌شوند. چنین دوکلوبهای دیجیتالی ممکن است بینش‌های مهمی را به همراه داشته باشد که می‌تواند بر طراحی سیستم‌های آینده تأثیر بگذارد. یک دوکلوبی دیجیتالی اختصاص داده شده به یک مزرعه توربین‌های بادی ممکن است بینش‌هایی را در مورد ناکارآمدی‌های عملیاتی آشکار کند. نمونه‌های دیگر از دوکلوبهای دیجیتالی ویژه سیستم‌های

پلتفرم دیجیتال منتقل می‌شوند، که به نوبه خود، تجزیه و تحلیل زمان واقعی را برای بهینه‌سازی یک فرآیند کسب‌وکار به شیوه‌ای شفاف انجام می‌دهد.

مدل شکل ۱ به طور خاص از طریق حسگرها و محرك های پنج جزء فعال کننده از دنیای فیزیکی، یکپارچه سازی، داده‌ها، و تجزیه و تحلیل و همچنین برنامه دوقلوی دیجیتال به روز شده مداوم را نشان می‌دهد. این عناصر تشکیل دهنده شکل ۱ در سطح کلی در زیر توضیح داده شده است:

- حسگرها - حسگرهایی که در سراسر فرآیند تولید توزیع می‌شوند سیگنال‌هایی را ایجاد می‌کنند که دوقلو را قادر می‌سازد تا داده‌های

- تجزیه و تحلیل - تکنیک‌های تجزیه و تحلیل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق شبیه‌سازی‌های الگوریتمی و روال‌های تجسمی استفاده می‌شود که توسط دوقلو دیجیتال برای تولید بینش استفاده می‌شود.

- دوقلوی دیجیتال - طرف "دیجیتال" شکل ۱ خود دوقلوی دیجیتالی است که یک برنامه کاربردی است که اجزای بالا را در یک مدل دیجیتال تقریباً بی‌درنگ از دنیای فیزیکی و فرآیند ترکیب می‌کند. هدف یک دوقلوی دیجیتال، شناسایی انحرافات غیرقابل تحمل از شرایط بهینه در هر یک از ابعاد مختلف است. چنین انحرافی موردنی برای بهینه‌سازی کسب و کار است. یا دوقلو دارای خطای منطق است (که امیدواریم نباشد)، یا فرصتی برای صرفه

تجزیه و تحلیل می‌کند. در طی یک دوره زمانی، تحلیل‌ها ممکن است روندهای غیرقابل قبولی را در عملکرد واقعی فرآیند تولید در یک بعد خاص در مقایسه با محدوده ایده‌آل عملکرد قابل تحمل، آشکار کند. چنین بینش مقایسه‌ای می‌تواند باعث بررسی و تغییر بالقوه در برخی از جنبه‌های فرآیند تولید در دنیای فیزیکی شود. این سفر تعاملی بین دنیای فیزیکی و دیجیتالی است که شکل ۱ سعی در انتقال آن دارد. چنین سفری بر پتانسیل عمیق دوقلوی دیجیتال تأکید می‌کند: هزاران حسگر که اندازه‌گیری‌های مداوم و بی‌اهمیت را انجام می‌دهند و به یک عملیاتی و محیطی مربوط به فرآیند فیزیکی را در دنیای واقعی ضبط کند.

- داده‌ها - داده‌های عملیاتی و محیطی دنیای واقعی از حسگرها با داده‌های سازمانی، مانند ساختار شکست مواد (BOM) محصول، سیستم‌های سازمانی، و مشخصات طراحی، تجمیع و ترکیب می‌شوند. داده‌ها همچنین ممکن است حاوی موارد دیگری مانند نقشه‌های مهندسی، اتصالات به منبع داده خارجی و گزارش شکایات مشتری باشند.

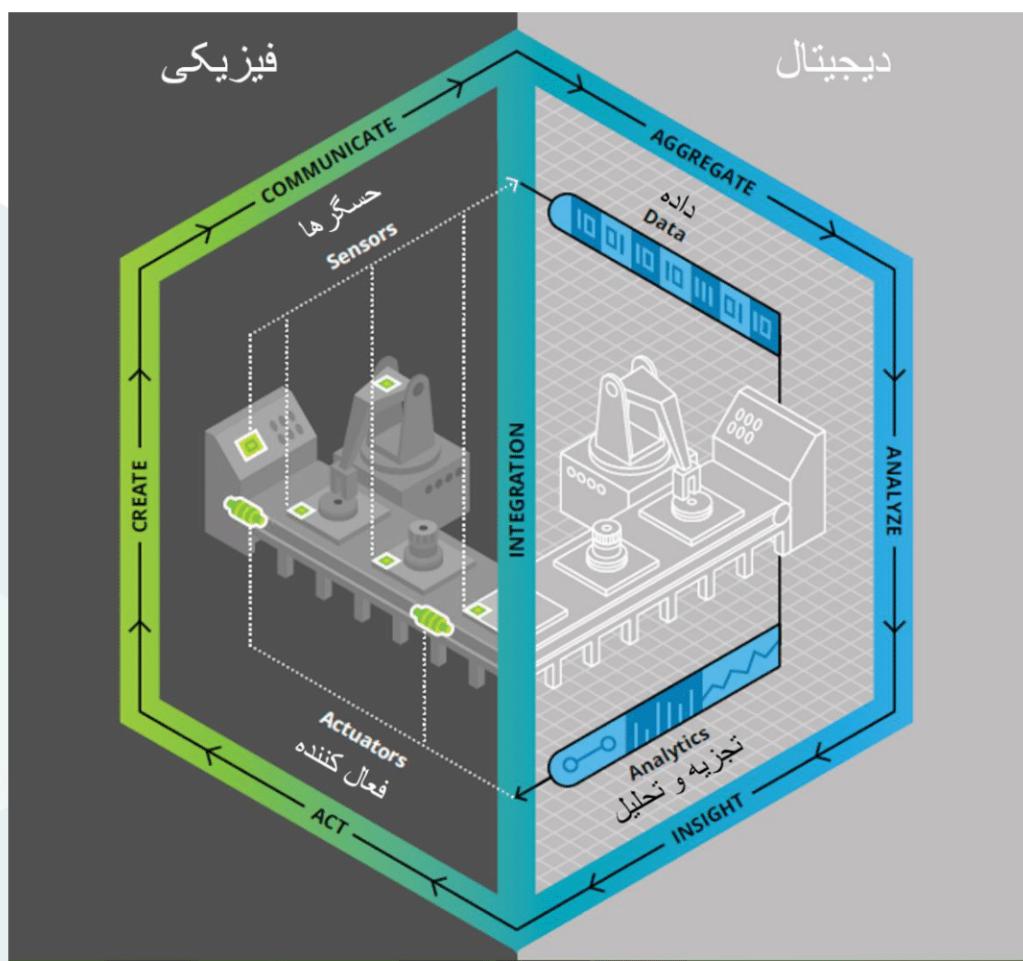
- یکپارچه سازی - حسگرها داده‌ها را از طریق فناوری یکپارچه سازی (که شامل لبه‌ها، رابط‌های ارتباطی و امنیت است) بین دنیای فیزیکی و دنیای دیجیتال و بالعکس به دنیای دیجیتال منتقل می‌کنند.

واضح است که دنیای یک فرآیند فیزیکی (یا شی) و آنالوگ دوقلوی دیجیتالی آن بسیار پیچیده‌تر از آن چیزی است که یک مدل یا چارچوب منفرد می‌تواند به تصویر بکشد. و البته، مدل شکل ا فقط یک پیکربندی دیجیتالی دوقلو است که بر بخش تولید چرخه عمر محصول تمرکز دارد. اما آنچه مدل ما قصد دارد نشان دهد کیفیت یکپارچه، جامع و تکراری جفت شدن دنیای فیزیکی و دیجیتالی است. از طریق آن واضح است که می‌توان فرآیند واقعی ایجاد یک دوقلوی دیجیتال را آغاز کرد.

جویی در هزینه‌ها، بهبود کیفیت یا دستیابی به کارایی بیشتر شناسایی شده است. فرصت به دست آمده ممکن است منجر به اقدامی دوباره در دنیای فیزیکی شود.

- عملکننده‌ها - اگر به یک اقدام در دنیای واقعی نیاز باشد، دوقلوی دیجیتالی اقدام را از طریق عملکننده‌ها، مشروط به مداخله انسان، تولید می‌کند که فرآیند فیزیکی را آغاز می‌کند.

شکل ۱. مدل دوقلو دیجیتالی فرآیند تولید



دوقلو دیجیتال و حلقه فیزیکی-دیجیتال-فیزیکی

پیکربندی دوqlو دیجیتال شکل ۱ نشان دهنده سفری از دنیای فیزیکی به دنیای دیجیتال و سپس بازگشت به دنیای فیزیکی است. این سفر فیزیکی-دیجیتال-فیزیکی یا حلقه، سنگ بنای رویکرد Deloitte Industry ۴.۰ است. صنعت ۴.۰ که گاهی «انقلاب صنعتی چهارم» نامیده می‌شود، به طور کلی محیط تولید دیجیتالی را توصیف می‌کند که تکنیک‌های تولید پیشرفته را با اینترنت اشیا ترکیب می‌کند تا نه تنها یک شرکت تولیدی بهم پیوسته و یکپارچه ایجاد کند، بلکه اطلاعاتی را برای ایجاد اقدامات هوشمندانه‌تر در جهت ایجاد ارتباط، تجزیه و تحلیل و استفاده از اطلاعات به کار گیرد.

ایجاد یک دوکلوبی دیجیتال

است که نیاز دارد در طول چرخه عمر دارایی مورد بررسی، قرار بگیرد. اغلب مهم است که اطلاعات را به روشنی که قابل استفاده مجدد باشد ساختار دهید. برای این منظور، ایجاد یک مدل داده متعارف می تواند مهم باشد. یک مدل داده متعارف یک ساختار داده معمولی و استاندارد سازمانی است. این سیستم ها و برنامه های مختلف را قادر می سازد تا اطلاعات سازمانی را به هم متصل و مبادله کنند. یک ساختار متعارف می تواند به سیستم های مختلفی که با دوکلوبی دیجیتال ادغام می شوند اجازه دهد تا در قالب توافق شده ساده با هم ارتباط برقرار کنند. این به نوبه خود، ممکن است مقدار اطلاعاتی را که باید خارج از سیستم های ثبت ذخیره شود کاهش دهد، ممکن است نیاز به مدیریت ساختارهای داده های اصلی را از بین ببرد، و به شرکت اجازه دهد تا از دوکلوبی دیجیتال به طرق مختلف با انعطاف بیشتر استفاده کند و به طور مداوم دوکلوبی دیجیتال را به روز کند بدون اینکه این موضوع بر روی شرکت فشار بگذارد.

معماری مفهومی دوکلوبی دیجیتال

معماری مفهومی دوکلوبی دیجیتال (شکل ۲) به درستی می تواند به عنوان یک نگاه گسترشده به اجزای توانمندی که فرآیند تولید مدل دیجیتال دوکلوبی شکل ۱ را تشکیل می دهنده، در نظر گرفته شود، اگرچه اصول اولیه یکسان ممکن است در هر مرحله اعمال شود. پیکربندی دیجیتال دوکلوبی معماري مفهومي را می توان به صورت دنباله‌اي از شش مرحله به شرح زير درك کرد:

اما چگونه می توان یک دوکلوبی دیجیتال ایجاد کرد؟ به طور کلی، ایجاد دوکلوبی دیجیتال شامل دو موضوع قابل تأمل است:

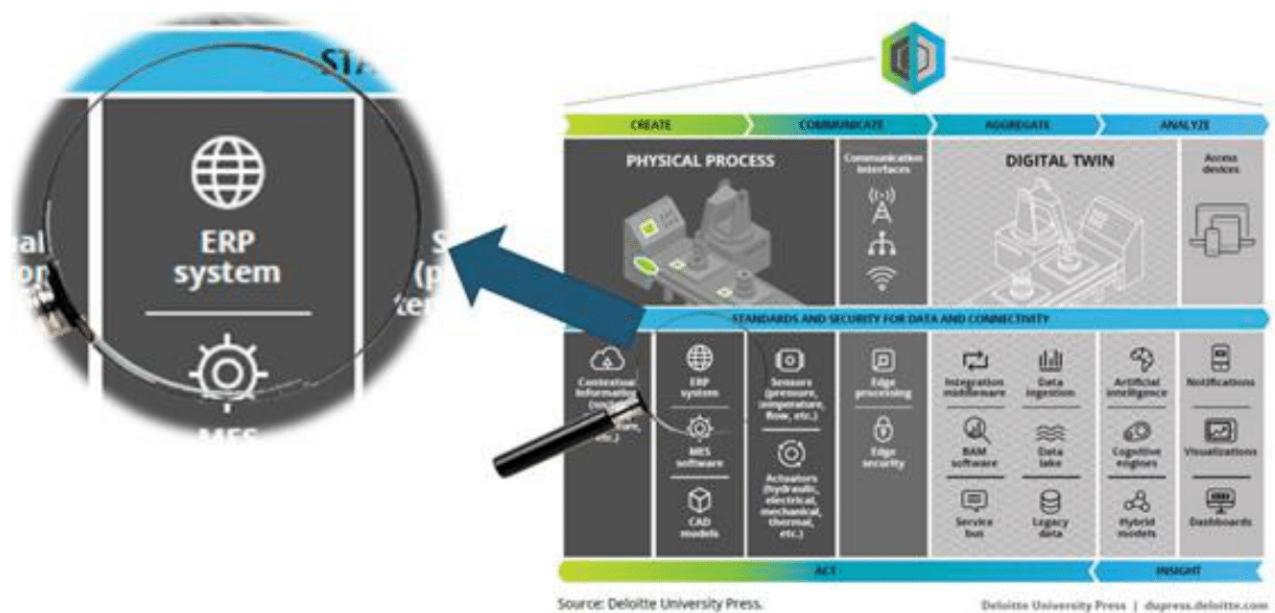
۱. طراحی فرآیندهای دوکلوبی دیجیتال و الزامات اطلاعاتی در چرخه عمر محصول از طراحی سیستم تا استفاده میدانی و نگهداری سیستم ها در دنیای واقعی.

۲. ایجاد فناوری توانمند برای ادغام دارایی فیزیکی و دوکلوبی دیجیتالی آن برای جریان بی درنگ داده های حسگر و اطلاعات عملیاتی و تعاملاتی از سیستم های اصلی شرکت، همانطور که در یک معماری مفهومی بیان شده است.

طراحی فرآیند دوکلوبی دیجیتال و الزامات اطلاعاتی.

ایجاد دوکلوبی دیجیتال با طراحی فرآیند شروع می شود. فرآیندها و نقاط ادغامی که دوکلوبی برای آنها مدل سازی می کند چیست؟ تکنیک های طراحی فرآیند استاندارد باید برای نشان دادن نحوه تعامل فرآیندهای کسب و کار، افرادی که فرآیندها را ممکن می سازند، برنامه های کاربردی سازمانی، اطلاعات و سیستم های فیزیکی مورد استفاده قرار گیرند. نمودارهایی ایجاد می شوند که جریان فرآیند را به برنامه ها، نیازهای داده ها و انواع اطلاعات حسگر مورد نیاز برای ایجاد دوکلوبی دیجیتال را مرتبط می کنند. طراحی فرآیند با ویژگی هایی افزوده می شود که هزینه، زمان یا کارایی سیستم را می توان به کمک آن- (ها) بهبود بخشید. اینها معمولاً مفروضات اساس و پایه را تشکیل می دهند که پیشرفت های دوکلوبی دیجیتال باید از آن شروع شود. کلید دوکلوبی دیجیتال متمرکز بر انواع اطلاعاتی

شکل ۲. معماری مفهومی دو قلو دیجیتال



سیستم‌هایی مانند سیستم‌های اجرای تولید، سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی، مدل‌های CAD و سیستم‌های زنجیره تأمین تقویت شوند. این امر می‌تواند طیف گسترده‌ای از داده‌های به روز رسانی مدام را برای دو قلوی دیجیتال به عنوان ورودی برای تجزیه و تحلیل آن فراهم کند.

۲. ارتباط: مرحله ارتباط به ادغام/اتصال بی‌وقفه، بی‌درنگ و دو طرفه بین فرآیند فیزیکی و پلت‌فرم دیجیتال کمک می‌کند. ارتباطات شبکه یکی از تغییرات اساسی است که دو قلوی دیجیتال را فعال کرده است. این شامل سه جزء اصلی است:

آ. پردازش لبه: رابط، لبه سنسورها و ثبت کنندگان فرآیند را به هم متصل می‌کند، سیگنال‌ها و داده‌های آنها را در نزدیکی منبع پردازش می‌کند و داده‌ها را به پلتفرم ارسال

۱. ایجاد: مرحله ایجاد شامل تجهیز فرآیند فیزیکی با حسگرهای بی‌شماری است که ورودی‌های حیاتی فرآیند فیزیکی و محیط اطراف آن را اندازه‌گیری می‌کنند. اندازه گیری‌های سنسورها را می‌توان به طور کلی به دو دسته تقسیم کرد:

(۱) اندازه‌گیری‌های عملیاتی مربوط به معیارهای عملکرد فیزیکی سیستم تولیدی (شامل چندین کار در حال پیشرفت)، مانند استحکام کششی، جابجایی، گشتاور، و یکنواختی رنگ؛

(۲) داده‌های محیطی یا خارجی که بر عملکرد یک دارایی فیزیکی تأثیر می‌گذارد، مانند دمای محیط، فشار هوا، و سطح رطوبت. اندازه‌گیری‌ها را می‌توان با استفاده از رمزگذارها به پیام‌های دیجیتال امن تبدیل کرد و سپس به دو قلوی دیجیتال منتقل کرد. سیگنال‌های حسگرهای ممکن است با اطلاعات مبتنی بر فرآیند از

از تنگناها را که در گذشته امکان حیات یک دوقلوی دیجیتال را محدود کرده بودند، از بین برده است.

می کند. برای ترجمه پروتکل های اختصاصی، به فرمت های داده ای که به راحتی قابل درک است نیاز است که ارتباطات شبکه را کاهش می دهد. پیشرفت های بزرگ در این زمینه بسیاری

یافته اند، به گونه ای که به طراحان اجازه می دهد تا معماری های مقیاس پذیری را با چابکی بیشتر و با هزینه کمتری نسبت به گذشته ایجاد کنند.

۴. تجزیه و تحلیل: در مرحله تجزیه و تحلیل، داده ها تجزیه و تحلیل و سپس تجسم می شوند. دانشمندان و تحلیلگران داده می توانند از پلتفرم ها و فناوری های تحلیلی پیشرفته برای توسعه مدل های تکراری و تصمیم گیری بهتر را پیشنهاد می کنند، استفاده کنند.

۵. بینش: در مرحله بینش، موارد درک شده حاصل از تجزیه و تحلیل از طریق داشبوردهایی همراه با تصویرسازی ارائه می شوند که تفاوت های غیرقابل قبول در عملکرد مدل دوقلوی دیجیتال و آنالوگ دنیای فیزیکی را در یک یا چند بعد برجسته می کند و حوزه هایی را نشان می دهد که به طور بالقوه نیاز به بررسی و تغییر دارند.

۶. عمل: مرحله عمل، جایی است که بینش های عملی از مراحل قبلی می تواند به سیستم های فیزیکی و فرآیند دیجیتال بازخورد داده شود تا به اثر دوقلوی دیجیتال دست یابد. بینش ها از رمزگشایها عبور می کنند و سپس به حرکت های

ب) رابط های ارتباطی: رابط های ارتباطی به انتقال اطلاعات از حسگر عملکردی به ادغام کننده ها کمک می کنند. گزینه های زیادی در این زمینه مورد نیاز است و با توجه به اینکه حسگر تولید کننده بینش، از نظر تئوری، بسته به پیکربندی دوقلوی دیجیتالی که در نظر گرفته می شود می تواند در هزاران مکان مختلف قرار گیرد از جمله: داخل یک کارخانه، در یک خانه، در یک عملیات معدن، یا در یک پارکینگ.

ج) امنیت لبه: حسگرهای جدید و قابلیت های ارتباطی مسائل امنیتی جدیدی را ایجاد کرده اند که هنوز در حال توسعه هستند. رایج ترین رویکردهای امنیتی استفاده از فایروال ها، برنامه های کلیدی، رمزگذاری و گواهی های دستگاه است. نیاز به راه حل های جدید برای فعال سازی این مدل دوقلوهای دیجیتال احتمالاً با فعال شدن IP سیستم های بیشتر، ضروری تر خواهد شد.

۳. تجمیع: مرحله تجمیع می تواند از ورود داده ها به مخزن داده پشتیبانی کند، پردازش شود و برای تجزیه و تحلیل آماده شود. تجمیع و پردازش داده ها ممکن است در محل یا در فضای ابری انجام شود. حوزه های فناوری که تجمیع و پردازش داده ها را نیرو می دهند، طی چند سال گذشته به طور فوق العاده ای تکامل

داده، تطبیق پذیری فناوری های تجزیه و تحلیل، امکانات ذخیره سازی گستردگی و انعطاف پذیر منطقه تجمع، و ادغام با داده های متعارف به دو قلوی دیجیتال اجازه می دهد تا محیطی بسیار غنی تر و کمتر ایزوله را نسبت به قبل مدل کند. به نوبه خود، چنین پیشرفت هایی ممکن است منجر به مدلی پیچیده تر و واقعی تر تبدیل شود که همگی دارای پتانسیل نرم افزاری و سخت افزاری کم هزینه ای است. توجه به این نکته، ضروری است که معماری مفهومی فوق باید برای انعطاف پذیری و مقیاس پذیری از نظر تحلیل، پردازش، تعداد حسگرهای پیامها و غیره طراحی شود. این موضوع به معماری این امکان را می دهد که به سرعت تکامل پیدا کند همراه با تغییرات همیشگی حتی فزاینده بازار همراه شود.

فرآیند سیستمی، که مسئول حرکت یا مکانیسم های کنترل هستند، وارد می شوند، یا در سیستم های انتهایی که زنجیره های تامین و رفتار سفارش دهنده را کنترل می کنند، به روز می شوند. این تعامل، ارتباط حلقه بسته بین دنیای فیزیکی و دو قلوی دیجیتال را تکمیل می کند.

برنامه دو قلوی دیجیتال معمولاً به زبان اصلی سیستم شرکت نوشته می شود که از مراحل بالا برای مدل سازی سیستم های فیزیکی و فرآیندها استفاده می کند. علاوه بر این، در طول فرآیند، استانداردها و اقدامات امنیتی ممکن است برای اهداف مدیریت داده ها و اتصال متقابل اعمال شود. قدرت محاسباتی موتورهای کلان

دوقلوی دیجیتال و رشته دیجیتال

هر بحث معناداری در مورد دوقلوی دیجیتال احتمالاً باید شامل بحث در مورد مفهومی نزدیک به هم باشد که به عنوان "رشته دیجیتال" شناخته می‌شود. در بالاترین سطح خود، یک رشته دیجیتال یک رشته پیوسته و یکپارچه از داده‌ها است که هر مرحله از چرخه عمر محصول را از طراحی، ساخت، تا استفاده در مطالعات میدانی را به هم متصل می‌کند. در واقع کانالی را فراهم می‌کند که داده‌های مربوط به محصول از طریق آن منتقل می‌شود. چنین داده‌هایی ذخیره سازی، دسترسی آماده، مدل سازی و تجزیه و تحلیل آنها چیزی است که توانایی مدل سازی تولید و هدایت ارتباطات زنجیره تامین کارآمد را ایجاد می‌کند. وقتی کسی به دوقلوی دیجیتال فکر می‌کند، ممکن است به یک پدیده "رنده" فکر کند، مدلی از یک محصول یا فرآیند غیر ایستا که هدف آن بهینه سازی عملکرد تجاری است. رشته دیجیتال، در مقیاس کلان، دوقلوی دیجیتال را قادر می‌سازد تا با ارائه انواع داده‌هایی که دوقلو برای انجام تحلیلهای خود به آن نیاز دارد، چنین هدفی را محقق کند. از این نظر، دوقلوی دیجیتال «حیات» خود را تا حدی از اطلاعاتی که رشته دیجیتالی ارائه می‌کند به دست می‌آورد. بینش دوقلوی دیجیتال، به نوبه خود، ممکن است باعث تغییر در طراحی محصول یا فرآیند تولید شود تا رشته دیجیتال را برای تکرارهای بعدی شی مورد بررسی تغییر دهد. برای اطلاعات بیشتر در مورد رشته دیجیتال، فرصت سه بعدی و رشته دیجیتال را ببینید: "تولید تکاملی" همه آن را به هم پیوند می‌دهد. برای آشنایی بیشتر با شبکه تامین دیجیتال، به ظهور شبکه تامین دیجیتال مراجعه کنید: صنعت ۵/۴ تحول دیجیتالی زنجیره تامین را امکان پذیر می‌کند.



ایجاد ارزش برای کسب و کار

بسیاری را برای افزایش ارزشمندی ها ارائه دهد و شروع به تغییر اساسی نحوه تجارت یک شرکت کند. چنین ارزشی ممکن است در نتایج ملموسی اندازه گیری شود که ممکن است به معیارهای کلیدی برای یک کسب و کار رديابی شود.

با ظهور مناسبتر هزینه های ذخیره سازی و محاسباتی، تعداد موارد استفاده و امکانات برای فعال کردن دوقولوهای دیجیتالی بسیار گسترش یافته است و به نوبه خود باعث افزایش ارزش کسب و کار شده است.

یک نگرانی قابل تأمل برای هر شرکتی که سفری به سمت دیجیتالی شدن را آغاز می کند، می تواند توانایی آشکار برای نشان دادن منافع و درک ارزش سرمایه گذاری خود در ایجاد یک دوقولوی دیجیتال باشد. چگونه ممکن است این رویکرد جدید منجر به تغییراتی در نحوه عملکرد و اداره یک شرکت شود که به ارزش تجاری قابل اندازه گیری منجر شود؟ در گذشته، ایجاد دوقولوهای دیجیتال پرهزینه و سود محدودی داشت. با ظهور مناسبتر هزینه های ذخیره سازی و محاسباتی، تعداد موارد استفاده و امکانات برای فعال کردن دوقولوهای دیجیتالی بسیار گسترش یافته است و به نوبه خود باعث افزایش ارزش برای کسب و کار شده است. هنگام در نظر گرفتن ارزش تجاری که دوقولو دیجیتال ارائه می دهد، شرکت ها باید بر روی مسائل مربوط به عملکرد استراتژیک و پویایی بازار تمرکز کنند، از جمله عملکرد محصول بهبود یافته و طولانی تر شود، چرخه های طراحی سریع تر شوند، پتانسیل برای جریان های درآمدی جدید و مدیریت هزینه برقرار شود. این مسائل استراتژیک، در میان سایر موارد، می توانند به برنامه های کاربردی خاصی تبدیل شوند که ممکن است ارزش تجاری گستردگی را داشته باشند که یک دوقولو دیجیتال ممکن است متوجه شود. جدول ۱ خلاصه ای از این مقادیر را بر اساس دسته فهرست می کند. علاوه بر حوزه های ارزش های تجاری که در بالا ذکر شد، یک دوقولوی دیجیتال ممکن است به بسیاری دیگر از معیارهای کلیدی عملکرد و کارایی برای یک شرکت تولیدی کمک کند. به طور کلی، دوقولوی دیجیتال ممکن است برنامه های

جدول ۱. ارزش های تجاری دو قلوی دیجیتال

ارزش های خاص تجاری بالقوه	دسته ارزش تجاری
<ul style="list-style-type: none"> • بهبود کیفیت کلی • عیوب روند کیفیت را زودتر پیش بینی و تشخیص دهید • کنترل کیفیت فرار و تعیین زمانی که موضوع کیفیت شروع شده است. 	کیفیت
<ul style="list-style-type: none"> • پیکربندی فعلی تجهیزات را در این زمینه درک کنید تا بتوانید خدمات کارآمدتری انجام دهید • برای کاهش هزینه کلی گارانتی و بهبود تجربیات مشتری، به طور فعال و دقیق‌تر مسائل مربوط به ضمانت و دعاوی را تعیین کنید. 	هزینه گارانتی و خدمات
<ul style="list-style-type: none"> • بهبود طراحی محصول و اجرای تغییرات مهندسی • بهبود عملکرد تجهیزات تولیدی • کاهش عملیات و تنوع فرآیند 	هزینه عملیات
<ul style="list-style-type: none"> • برای مدیریت بهتر فراغوان ها و گارانتی و برآورده کردن الزامات رديابي، يك سابقه ديجيتالي از قطعات و مواد خام با سريال نامبر آيجاد کنيد. 	حفظ سوابق و ردگيري به كمک سريال نامبرها
<ul style="list-style-type: none"> • زمان بازاریابی برای يك محصول جدید را کاهش دهید • کاهش هزینه کلی برای تولید محصول جدید • اجزای طولانی مدت و تاثیر آن بر زنجیره تامین را بهتر بشناسید 	هزینه معرفی محصول جدید و اداره کردن آن.
<ul style="list-style-type: none"> • محصولاتی که در این زمینه آماده ارتقا هستند را شناسایی کنید • بهبود کارابي و هزینه خدمات محصول 	فرصت های رشد درآمد

منبع: تحلیل دیلویت

نوع BOM تعریف شد: حالت طراحی شده و حالت تولید شده. برای ایجاد تمایز بین آنها، BOM طراحی شده از عناصر توسعه و آزمایش تشکیل شده بود، در حالی که BOM تولید شده شامل عناصری بود که توسط تجهیزاتی که برای تولید محصول استفاده می‌شد، از جمله جزئیات قطعات خریداری شده و جزئیات مونتاژ، جمع شده بودند. این نتایج به مهندسان اجازه داد تا تجزیه و تحلیل را اجرا کنند و بینشی در مورد تنوع تولید ارائه دهنده که بر کیفیت تأثیر می‌گذارد. در نتیجه، تیم توانست بینش‌های غیرمنتظره‌ای برای بهبود فرآیند مونتاژ ارائه دهد و تکرار و اشتباهات کار را ۱۵ تا ۲۰ درصد کاهش دهد. با اطلاعاتی که از این تلاش جزئی دیجیتالی به دست آمد، بخش پس از فروش در نظر دارد به زودی این مورد را گسترش دهد تا فرآیند دوکلوب دیجیتال را برای استفاده موثرتر از اطلاعات محصولات در زمینه "BOM به عنوان نگهداری شده" برای درک بهتر نحوه تغییرات فرآیند توسعه دهد.

اطلاعات کامل به دست آمده از BOM طراحی شده، به عنوان BOM ساخته شده و به عنوان BOM نگهداری شده، یک سفر دیجیتالی تحت عنوان از گهواره تا گور را ایجاد می‌کند که امکان دوره جدیدی از فرصت‌های تجاری از جمله مدیریت در دسترس بودن دارایی‌ها و سیستم‌ها، بهینه‌سازی موجودی قطعات یکی، نگهداری و خدمات را فراهم می‌کند.

مورد استفاده: توسعه یک دوکلوب دیجیتالی با چرخه کامل عمر:

بسیاری از بحث‌ها تاکنون بر روی یک مدل دیجیتالی دوکلوب از بخش فرآیند تولید چرخه عمر محصول متمرکز شده است. فرآیند تولید نشان دهنده تنها یک پیکربندی دوکلوب دیجیتال است. در واقع، یکی دیگر از دیدگاه‌های قابل دوام برای یک مورد استفاده گسترده دیجیتالی، یک برنامه کاربردی مبتنی بر محصول در کل چرخه عمر محصول است که این شامل مراحلی از توسعه ایده تا استفاده را شامل می‌شود. یکی از این نمونه‌ها، شامل یک تولید کننده صنعتی است که با مشکلات کیفی متعددی در این زمینه مواجه است که منجر به تعمیر و نگهداری پرهزینه و مسئولیت گارانتی بالا می‌شود. سازنده در تلاش بود تا منبع مسائلی را که بر اعتماد مشتری و عامل ایجاد کننده‌ی تصویر منفی را تعیین کند. این مسائل باعث ایجاد استرس اضافی بر روی شبکه تامین سازنده و هزینه بالاتر در تلاش برای رفع مشکل شناسایی شده شد. در تلاش برای پرداختن به این مسائل، سازمان‌های شبکه مهندسی و تامین یک رویکرد دوگانه دیجیتال را دنبال کردند که به دنبال حل مشکلات کیفیت و بهبود خدمات پس از فروش پایدار مرتبط با گارانتی تعمیر و نگهداری بود. ابتدا، آنها تصمیم گرفتند طرحی را تعریف کنند با تمام اطلاعات مشابه سیستم تولید که به آن BOM می‌گویند. دو

چه طور باید شروع کرد

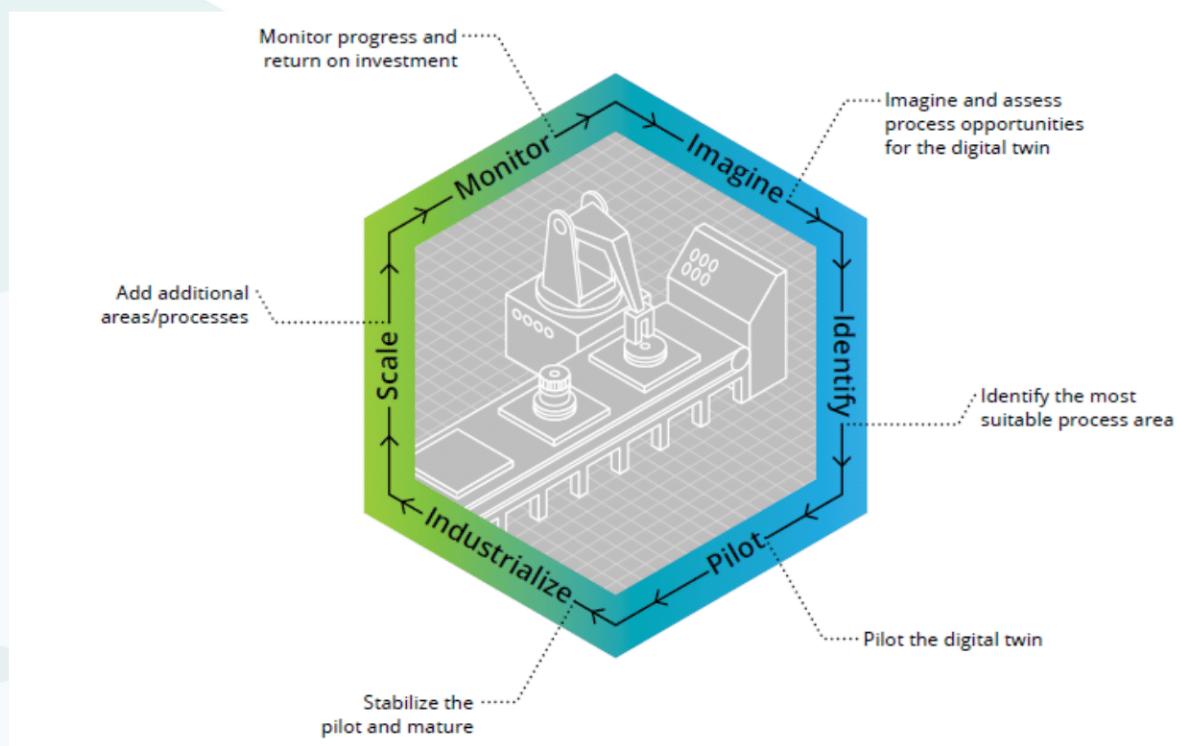
احتمالات را تصور کنید. اولین قدم، تصور و تنظیم فهرستی کوتاه از مجموعه‌ای از سناریوهایی است که می‌توانند از داشتن یک دوکلوبی دیجیتال سود ببرند. سناریوی مناسب ممکن است برای هر سازمان و شرایطی متفاوت باشد، اما احتمالاً دو ویژگی کلیدی زیر را دارد:

۱. محصول یا فرآیند تولیدی که در نظر گرفته می‌شود به اندازه کافی ارزشمند باشد تا شرکت بتواند در ساخت یک دوکلوبی دیجیتال سرمایه گذاری کند.

۲. مسائل برجسته و غیر قابل توضیح مرتبط با محصول پردازنه وجود دارد که به طور بالقوه می‌تواند ارزش را برای مشتریان یا شرکت به ارمغان بیاورد.

با توجه به کاربردهای گسترده دوکلوبی دیجیتال، چگونه می‌توان شروع کرد؟ یک چالش عمدی در انجام و راه اندازی فرآیند دوکلوبی دیجیتال می‌تواند در تعیین سطح بهینه جزئیات در ایجاد یک مدل دوکلوبی دیجیتال باشد. در حالی که یک مدل بیش از حد ساده ممکن است ارزشی را که یک دوکلوبی دیجیتال وعده می‌دهد به دست نیاورد، اما اتخاذ رویکردی بسیار سریع و گسترده می‌تواند برابر باشد با گم شدن در پیچیدگی میلیون‌ها حسگر، صدها میلیون سیگنالی که سنسورها تولید می‌کنند و مقدار عظیمی از پیچیدگی را منجر کند. بنابراین برای درک مدل صحیح، رویکردی که خیلی ساده یا خیلی پیچیده باشد، می‌تواند حرکت رو به جلو را از بین ببرد. شکل ۳ یک رویکرد ممکن و قابل اجرا را ارائه می‌دهد که در جایی در این بین قرار می‌گیرد.

شکل ۳: مروری بر شروع کار با دوکلوبی دیجیتال



کردن دامنه باشد، اما با توانایی نشان دادن ارزش به شرکت. همانطور که در مرحله آزمایشی حرکت می کنید، تیم پیاده سازی باید از سازگاری و یک ذهنیت باز پشتیبانی کند - در هر زمانی از سفر خود، یک اکوسیستم باز و آگنوستیک را حفظ کنید که امکان سازگاری و ادغام با داده های جدید (ساختار یافته و بدون ساختار) را فراهم کند. به محض اینکه مقدار اولیه تحويل داده شد، برای ادامه حرکت برای نتایج بیشتر، روی این حرکت تمرکز کنید. ارزش به دست آمده را به شرکت بزرگتر منتقل کنید.

فرآیند را صنعتی کنید. هنگامی که موفقیت در این زمینه نشان داده شد، می توانید فرآیند توسعه و استقرار دو قلوی دیجیتال را با استفاده از ابزارها، تکنیکها و کتابهای راهنمای صنعتی کنید. انتظارات از تیم آزمایشی و سایر پروژه هایی که به دنبال پذیرش آن هستند را مدیریت کنید. بینش هایی را در مورد فرآیند دو قلوی دیجیتال ایجاد کنید و آن را برای شرکت بزرگتر منتشر کنید. این ممکن است شامل حرکت از سوی پیاده سازی ساده تر به یکپارچه سازی در شرکت، پیاده سازی مرکز داده، بهبود عملکرد و توان عملیاتی، بهبود استانداردهای حاکمیتی و داده ها، و اجرای تغییرات سازمانی برای حمایت از دو قلوی دیجیتال باشد.

مقیاس دو قلو. هنگامی که موفقیت آمیز بود، شناسایی فرصت ها برای مقیاس دو قلوی دیجیتال می تواند مهم باشد. فرآیندها و فرآیندهای مجاور را که با پایلوت (تست) ارتباط متقابل دارند هدف قرار دهید. از درس های

پس از ایجاد فهرستی کوتاه از سناریوها، هر سناریو برای شناسایی قطعاتی از فرآیند که می تواند با استفاده از یک دو قلوی دیجیتال، موفقیت های سرعی را فراهم کند، ارزیابی می شود. ما یک جلسه ایده پردازی متمرکز را با اعضای رهبری عملیاتی، تجاری و فنی جهت تسريع ارزیابی ها، پیشنهاد می کنیم.

فرآیند را شناسایی کنید. گام بعدی شناسایی پیکربندی دو قلوی دیجیتال آزمایشی است که هم از بالاترین ارزش ممکن برخوردار است و هم بهترین شانس موفقیت را دارد. عوامل مدیریت تغییر عملیاتی، تجاری و سازمانی را در تشخیص اینکه کدام پیکربندی می تواند بهترین نامزد برای پایلوت باشد، در نظر بگیرید. روی مناطقی تمرکز کنید که دارای پتانسیل گسترش در تجهیزات، سایتها یا فناوری ها هستند. شرکت ها ممکن است با چالش هایی مواجه شوند که بیش از حد در یک دو قلوی دیجیتال خاص از یک تجهیزات بسیار پیچیده یا فرآیند تولید قرار می گیرند، در حالی که توانایی استقرار گستردگی در سراسر سازمان، بیشترین ارزش و پشتیبانی را به همراه دارد: تمرکز بر روی گستردگی تر شدن به جای عمق ماجرا.

یک برنامه آزمایشی را آغاز کنید. حرکت سریع به سمت یک برنامه آزمایشی را با استفاده از چرخه های تکراری و چاک برای تسريع یادگیری، مدیریت پیشگیرانه ریسک و به حداقل رساندن بازده سرمایه گذاری های اولیه در نظر بگیرید. پایلوت (تست) می تواند زیرمجموعه ای از بخش های تجاری یا محصولاتی برای محدود

این پژوهه‌ای نیست که معمولاً پس از شناسایی، اجرا و اندازه‌گیری سود به پایان برسد. برای تمایز مستمر در بازار، شرکت‌ها باید زمانی را برنامه‌ریزی کنند تا در طول زمان مجدداً در بخش‌های جدید کسب‌وکار حرکت کنند. در مجموع، موفقیت واقعی در دستیابی به نقاط عطف اولیه در یک سفر دوکلوبی دیجیتال احتمالاً به توانایی رشد و حفظ ابتکار عمل دوکلوبی دیجیتالی به شیوه‌ای بستگی دارد که بتواند ارزش فزاینده‌ای را برای شرکت در طول زمان نشان دهد. برای کمک به اطمینان از چنین نتیجه‌ای، ممکن است نیاز به ادغام فناوری‌های دیجیتال و دوکلوبی دیجیتال در ساختار سازمانی کامل - از تحقیق و توسعه تا فروش - به طور مستمر از بینش‌های دوکلوبی دیجیتال برای تغییر نحوه اداره شرکت، تصمیم‌گیری و ایجاد جریان‌های درآمدی جدید باشد.

آموخته شده از آزمایشات، ابزارها و تکنیک‌ها برای مقیاس‌بندی سریع استفاده کنید. همانطور که مقیاس می‌گیرید، به انتقال ارزشی که از طریق پذیرش دوکلوبی دیجیتال توسط شرکت و سهامداران بزرگ‌تر به دست می‌آید، ادامه دهید.

نظرارت و اندازه‌گیری کنید. راه حل‌ها باید برای اندازه‌گیری عینی ارزش ارائه شده از طریق دوکلوبی دیجیتال نظرارت شوند. مشخص کنید که آیا مزایای ملموسی در زمان چرخه، بازده عملکرد، کیفیت، استفاده، حوادث و هزینه هر مورد و غیره وجود دارد یا خیر. تغییراتی را در فرآیندهای دوکلوبی دیجیتال به طور مکرر ایجاد کنید و نتایج را برای شناسایی بهترین پیکربندی ممکن مشاهده کنید. مهم‌تر از همه،

قبل‌اً نمی‌توانستند پاسخ دهد، ارزش‌هایی را ارائه دهد که تا چند سال پیش تقریباً غیرقابل تصور بود. شاید سوال این نباشد که آیا باید شروع کرد یا خیر، بلکه این است که از کجا باید شروع کرد تا در کمترین زمان بیشترین ارزش را به دست آورد و چگونه می‌توان از رقابت جلوتر رفت. اولین قدم چه خواهد بود و چگونه شروع می‌کنید؟ رسیدن به آنجا می‌تواند کار طاقت فرسایی باشد، اما هر سفر با یک قدم اول شروع می‌شود.

دوقولوی دیجیتال ممکن است ارزش ملموسی را برای شرکت‌ها ایجاد کند، جریان درآمدهای جدیدی را ایجاد کند و به آنها کمک کند به سؤالات استراتژیک کلیدی پاسخ دهنده. با قابلیت‌های فناوری جدید، انعطاف‌پذیری، چابکی و هزینه کمتر، شرکت‌ها ممکن است بتوانند سفرهای خود را برای ایجاد یک دوقولوی دیجیتال با سرمایه‌گذاری کمتر و زمان کمتری برای ارزش‌گذاری شروع کنند. یک دوقولوی دیجیتال کاربردهای زیادی در طول چرخه عمر یک محصول دارد و ممکن است به سوالاتی که

*یادداشت مترجم: اینجاست که عملکرد ERP به عنوان فوندانسیون دو قولوی دیجیتال سازمان در یکپارچگی زنجیره ارزش سازمان در سطح داده‌ها اهمیت و ضرورت بی‌بديل خواهد داشت.

تقدیر

نویسنده‌گان مایلند از Deloitte Consulting LLP از Siddharth Verma و Ram Ravi تخصص و کمک به این مقاله تشکر کنند. آنها همچنین مایلند از Henry، Etienne Pailler از Natarajan Deloitte Consulting LLP، همه از Puneet Bhargava، Blum Deloitte Consulting India Pvt. Ltd. از Ramachandran و بنا اسنایدرمن از Deloitte Services LP برای کمک آنها در تهیه این مقاله. نویسنده‌گان مایلند تشکر ویژه ای از جاناتان هولدوسکی از Deloitte Services LP برای حمایت و راهنمایی کلی او در توسعه این مقاله داشته باشند.

برای اطلاعات و مقالات بیشتر به سایت سامیکس www.samix.org مراجعه فرمایید.